

Gas turbine engine control system

Patent number: DE3328608

Publication date: 1984-02-16

Inventor: YOSHIDA KENICHI (JP)

Applicant: NISSAN MOTOR (JP)

Classification:

- **international:** F02C9/32

- **european:** F02C9/28; F04D27/02F

Application number: DE1983328608 19830808

Priority number(s): JP19820120561U 19820810; JP19820120562U 19820810; JP19820137916 19820810; JP19820137917 19820810; JP19820217730 19821214; JP19820227645 19821228

Also published as:

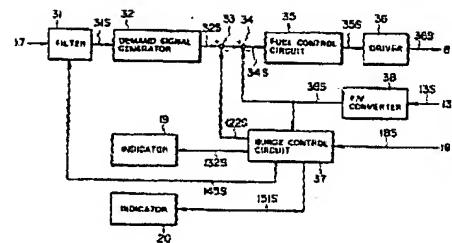
US4545198 (A1)

GB2126382 (A)

Abstract not available for DE3328608

Abstract of corresponding document: **US4545198**

An apparatus for controlling a gas turbine engine. A control device is provided for controlling the energy conversion function of the engine. Adjustments of the control device are obtained by comparing an actual value of a condition of the engine with a demand value of the engine condition to produce an error between the actual and demand values and calculating a value corresponding to a setting of the control device to reduce the error to zero. A surge detector generates a surge detection signal when engine surge intensity exceeds a reference level. The engine condition demand value is modified based upon the surge detection signal to suppress the engine surge.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

THIS PAGE BLANK (USPTO)

⑯ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑯ **Patentschrift**
⑯ **DE 3328608 C2**

⑯ Int. Cl. 4:
F02C 9/28
F 02 C 9/32
F 02 C 9/46

⑯ Aktenzeichen: P 33 28 608.6-13
⑯ Anmeldetag: 8. 8. 83
⑯ Offenlegungstag: 16. 2. 84
⑯ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 1. 6. 89

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑯ Unionspriorität: ⑯ ⑯ ⑯

10.08.82 JP P57-120561 10.08.82 JP P57-120562
10.08.82 JP P57-137916 10.08.82 JP P57-137917
14.12.82 JP P57-217730 28.12.82 JP P57-227645

⑯ Erfinder:

Yoshida, Kenichi, Yokosuka, Kanagawa, JP

⑯ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE-OS 25 32 817
US 39 38 321
US 29 26 524

⑯ Patentinhaber:

Nissan Motor Co., Ltd., Yokohama, Kanagawa, JP

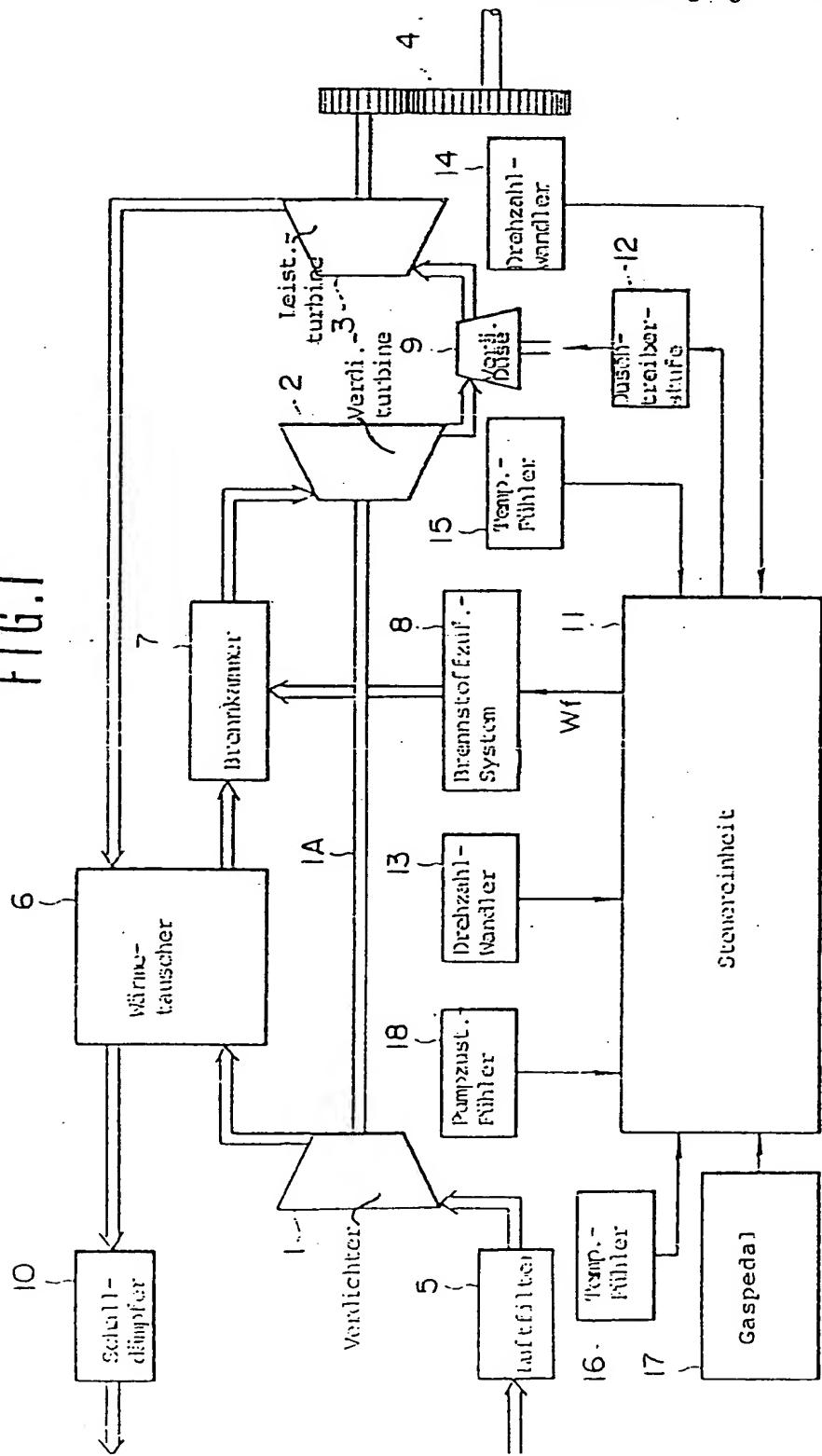
⑯ Vertreter:

ter Meer, N., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.; Müller, F.,
Dipl.-Ing., 8000 München; Steinmeister, H.,
Dipl.-Ing., Pat.-Anwälte, 4800 Bielefeld

⑯ Vorrichtung zur Steuerung eines Gasturbinentriebwerks

DE 3328608 C2

FIG. 1



Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zur Steuerung eines Gasturbinentriebwerks gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Eine derartige Vorrichtung ist bereits aus der DE-OS 25 32 817 bekannt. Diese bekannte Vorrichtung zur Steuerung eines Gasturbinentriebwerks, das einen Gasgenerator mit einem Gaserzeuger verdichtet sowie eine Verdichterturbine und eine durch den Gasgenerator antriebbare separate Leistungsturbine enthält, sowie Einrichtungen zum Betreiben des Gaserzeuger verdichters in unmittelbarer Pumpgrenznähe bei Änderung der Betriebsbedingung des Gasturbinentriebwerks aufweist, enthält

- einen Istsignalgeber zur Abgabe eines dem vorhandenen Wert einer Betriebsbedingung des Gasturbinentriebwerks entsprechenden elektrischen Istwertsignals,
- einen Sollwertgenerator zum Erzeugen eines dem Sollwert der betreffenden Betriebsbedingung des Gasturbinentriebwerks entsprechenden elektrischen Sollwertsignals, wobei der Sollwert durch eine Leistungsreguliereinrichtung vorwählbar ist,
- eine Vergleichsschaltung zur Abgabe eines der Differenz zwischen Ist- und Sollwerten entsprechenden Fehlersignals,
- eine Schaltung zum Berechnen eines Werts, mit dem das Fehlersignal gegen Null reduzierbar ist,
- eine Pumpzustands-Reaktionsschaltung zum Abgeben eines Ausgangssignals, daß das Einsetzen des Pumpzustands angibt, und
- eine Bemessungsschaltung zur Abwandlung des Sollwertsignals im Sinne der Unterdrückung des Pumpzustands.

Aus der US-PS 29 26 524 ist es ferner bekannt, zur Steuerung eines Gasturbinentriebwerks einen Pumpzustandsdetektor zu verwenden.

Darüber hinaus ist es aus der US-PS 39 38 321 bekannt, zur Beeinflussung der Einlaßtemperatur der Verdichterturbine eine verstellbare Düse einzusetzen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Vorrichtung der eingangs genannten Art so weiterzubilden, daß die Pumpgrenzenabstandsregelung durch tatsächliches Messen der Pumpneigung des Verdichters des Gaserzeugers während des Betriebs durchführbar ist, um somit eine noch weiter gehende Annäherung der Betriebspunkte des Gasturbinentriebwerks an die Pumpgrenze und eine weitere Wirkungsgradverbesserung zu erzielen.

Die Lösung der gestellten Aufgabe ist im kennzeichnenden Teil des Patentanspruchs 1 angegeben. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

Eine erfundungsgemäße Vorrichtung zur Steuerung eines Gasturbinentriebwerks zeichnet sich dadurch aus, daß

- ein Pumpzustandsfühler zur Erfassung der Intensität einer Pumpzustandsneigung in dem Gasturbinentriebwerk vorhanden ist, und
- die Pumpzustandsreaktionsschaltung aus einem Pumpzustandsdetektor, der mit dem Pumpzustandsfühler verbunden ist, sowie aus einer Bemessungsschaltung besteht, die mit dem Ausgang des Pumpzustandsdetektors verbunden ist, wobei der

Pumpzustandsdetektor anhand von Druckschwankungssignalen des Pumpzustandsfühlers ein Pumpzustandsignal ausgibt, wenn die Intensität der Pumpzustandsneigung einen Bezugspegel überschreitet, und die Bemessungsschaltung nach Empfang des Pumpzustandssignals ein rasant ansteigendes und langsam abfallendes Signal ausgibt, um dessen Betrag das Sollwertsignal verringerbar ist.

10 Vorzugsweise enthält der Pumpzustandsdetektor einen ersten Komparator, der die ermittelten Druckschwankungssignale mit einem Hintergrundrauschpegel vergleicht und ein Pumpzustandsmelesignal abgibt, wenn die Druckschwankungssignale größer als der Hintergrundrauschpegel sind, einen Integrator zum Integrieren der Pumpzustandsmelesignale, der ein integriertes Signal ausgibt, und einen zweiten Komparator, der das integrierte Signal mit dem Bezugspegel vergleicht und das Pumpzustandsignal erzeugt, wenn 15 das integrierte Signal den Bezugspegel überschreitet.

Die Erfindung und vorteilhafte Einzelheiten werden nachstehend unter Bezug auf eine Zeichnung in beispielhafter Ausführungsform näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung zur Steuerung eines Gasturbinentriebwerks, dargestellt in Form eines schematischen Blockschaltbilds,

Fig. 2 eine gebrochene Schnittdarstellung des Verdichters einer Gasturbine,

Fig. 3A und 3B ein Blockschaltbild mit Einzelheiten der Steuervorrichtung und (Fig. 3B) ein darin enthaltener Tiefpaßfilter,

Fig. 4A und 4B ein Detailblockschaltbild einer in Fig. 3A enthaltenen Pumpzustandreaktionsschaltung mit (Fig. 3B) darin enthaltenem HRP-Generator,

Fig. 5 (a ... g) grafische Signaldarstellungen zu Fig. 4A,

Fig. 6 (a ... g) grafische Signaldarstellungen zu Fig. 3A,

Fig. 7A ein schematisches Blockschaltbild eines zweiten Ausführungsbeispiels einer Vorrichtung zur Steuerung eines Gasturbinentriebwerks,

Fig. 7B eine grafische Darstellung mit Kurven in Bezug auf eine Solitemperatur, und

Fig. 8 grafische Signaldarstellungen zu der Schaltung von Fig. 7A.

Die nachstehend erläuterte und das Prinzip der Erfindung verwirklichende Steuervorrichtung kommt an einem zweiachsigen Gasturbinentriebwerk, das einen Gasgenerator und eine durch den Gasgenerator antriebbare separate Leistungsturbine umfaßt, zur Anwendung. Die zur Beeinflussung der Kennwerte des Energieumwandlungsprozesses des Gasturbinentriebwerks gewählten variablen Steuergrößen sind die dem Gasturbinentriebwerk zugemessene Brennstoffmenge und/oder die Stellung einer den Gasstrom vom Gasgenerator zur Leistungsturbine regulierenden, variablen Düse. Diese variablen Steuergrößen werden während des Betriebes des Gasturbinentriebwerks durch geeignete Stellglieder jeweils so eingestellt, daß dabei die Umwandlung der durch Brennstoffverbrennung freigesetzten Wärmeenergie in mechanische Energie beeinflußt wird. Zur Bestimmung von den jeweils eingestellten Steuergrößen entsprechenden Werten dient eine Steuereinheit.

Im Rahmen der Erfindung wird die variable Steuergröße "Brennstoffmenge", von der die Gasgeneratordrehzahl abhängt, als des Bedieners (Fahrers) Sollsteuergröße für die Gasgeneratordrehzahl benutzt und in

Abhängigkeit von einem der abgetasteten Gasgeneratordrehzahl entsprechenden Rückkopplungssignal verändert. Ferner wird die gesteuerte Position der variablen Düse, von der die Temperatur am Einlaß der Verdichterturbine abhängt, als Sollsteuergröße für die Verdichterturbine einlaßtemperatur benutzt und in einer Abhängigkeit von einem den abgetasteten Zustand der Verdichterturbine einlaßtemperatur entsprechenden Rückkopplungssignal verändert. Die Steuereinheit errechnet auf der Grundlage von Abtastwerten der Gasgeneratordrehzahl und der Einlaßlufttemperatur die Verdichterturbine einlaßsolltemperatur, und sie enthält einen Pumpzustandsdetektor, um bei Erkennung des Eintretens eines Pumpzustands des Gasturbinentriebwerks durch eine entsprechende Änderung des Sollwertes der vorgegebenen Steuergröße den Pumpzustand des Gasturbinentriebwerks zu verhindern.

Die in Fig. 1 dargestellte Steuereinheit 11 der Steuervorrichtung dient der Regelung eines zweiaxisigen Gasturbinentriebwerks, einen auf der Welle 1A einer Verdichterturbine 2 befestigten Gaserzeuger verdichter 1 und eine über ein Unterstellungsgetriebe 4 sowie ein hier nicht dargestelltes Fahrzeuggetriebe mit den Antriebsräder eines Kraftfahrzeugs gekoppelte Leistungsturbine 3 umfaßt.

Durch ein vorgesetztes Luftfilter 5 gereinigte und von dem Gaserzeuger verdichter 1 verdichtete Luft wird über einen Wärmetauscher 6, wo sie durch Abgaswärme aufgeheizt wird, in eine Brennkammer 7 geleitet, um darin an der Verbrennung von durch ein Brennstoffzuführsystem 8 zugeführtem Brennstoff teilzunehmen. Die dabei entstehenden heißen Verbrennungsgase treiben die Verdichterturbine 2, gelangen durch eine veränderbare Düse 9 in die Leistungsturbine 3, um diese strömungsdynamisch anzutreiben, und verlassen das System über den Wärmetauscher 6, wo ihnen nutzbringend Wärme entzogen wird, und über einen Schalldämpfer 10 in Richtung Atmosphäre.

Das Brennstoffzuführsystem 8 dient der Leistungsregulierung der Leistungsturbine 3 und enthält z. B. eine durch elektrische Impulse ansteuerbare Einspritzpumpe o. dgl., bei der die Brennstofffördermenge von der Breite oder den Abständen der zugeführten elektrischen Impulse abhängig ist.

Die Stellung und damit die Größe des Gasdurchlaßquerschnitts der zwischen der Verdichterturbine 2 und der Leistungsturbine 3 liegenden veränderbaren Düse 9 wird durch eine Düsentreiberstufe 12, die z. B. ein elektrohydraulisches Servoventil, einen hydraulischen Zylinder mit Pumpe und ein übliches mechanisches Gestänge umfaßt, reguliert. Mit kleiner werdendem Gasdurchlaßquerschnitt der Düse 9 wird die Temperatur am Einlaß der Verdichterturbine 2 und damit auch die Neigung der Gasturbine zum Pumpzustand ("Suge") größer.

Die jeweilige Drehzahl des Gasgenerators (Gaserzeuger verdichter 1 mit Verdichterturbine 2) sowie die Drehzahl der Leistungsturbine 3 werden durch je einen Drehzahlwandler 13 (Istsignalgeber) bzw. 14 überwacht und in Form eines Signals, dessen Frequenz der ermittelten Drehzahl proportional ist, an die Steuereinheit 11 gemeldet. Ferner werden die Temperatur am Eingang der Verdichterturbine 2 sowie die Temperatur am Einlaß des Gaserzeuger verdichters 1 durch je einen Temperaturfühler 15 bzw. 16 überwacht und in Form eines Analogsignals, dessen Amplitude der Größe der Temperatur proportional ist, an die Steuereinheit 11 gemeldet. Außerdem wird in die Steuereinheit 11 die vom Fahrer vorgegebene Stellung eines Gaspedals 17 in Form eines

amplitudenproportionalen Analogsignals eingegeben.

Ein Pumpzustandsfühler 18 überwacht die Intensität der Pumpzustandsneigung des Gasturbinentriebwerks unter Prüfung des Druckes am Einlaß und/oder Auslaß und/oder einer bestehenden Druckdifferenz zwischen Einlaß und Auslaß des Gaserzeuger verdichters 1 und erkennt dabei aus mehr oder weniger großen Schwankungen der jeweiligen Druckdifferenzen zwischen Einlaß- und Auslaßbereich des Gaserzeuger verdichters 1, ob das Gasturbinentriebwerk im oder nahe am Pumpzustand arbeitet.

Die Steuereinheit 11 ermittelt aus der abgetasteten Gaspedalstellung eine Solldrehzahl für den Gasgenerator, errechnet eine dafür passende Brennstoffmenge für den Gasgenerator und steuert das Einspritzventil des Brennstoffzuführsystems 8 entsprechend an, damit die errechnete Brennstoffmenge in die Brennkammer 7 gelangt. Durch einen geschlossenen Regelkreis in der Steuereinheit wird die Drehzahl des Gasgenerators jeweils dem ermittelten Sollwert angepaßt.

Ferner ermittelt die Steuereinheit 11 eine dem besten Nutzeffekt bei der abgetasteten Gasgeneratordrehzahl entsprechende Solltemperatur am Einlaß der Verdichterturbine 2, errechnet die zu ihrer Einhaltung notwendige Stellung der veränderbaren Düse 9 und stellt die Düse 9 dementsprechend mittels eines zugeordneten Regelkreises auf die erforderliche Stellung nach.

In Abhängigkeit von der durch den Pumpzustandsfühler 18 festgestellten Intensität der Pumpzustandsneigung vermeidet die Steuereinheit 11 den Pumpzustand durch entsprechende Vorgabe der Steuergrößen Brennstoffmenge und/oder Stellung der veränderbaren Düse 9 und/oder anderer Steuergrößen.

Der in Fig. 2 dargestellte Gaserzeuger verdichter 1 enthält innerhalb eines durch ein Gehäuse 202 und einen Hüllkörper 203 begrenzten Luftkanals 201 ein mit einer Welle 204 fest verbundenes Flügelrad 205 und in Strömungsrichtung dahinter eine Leitschaufelanordnung 206. Ein nahe der Einlaßseite des Flügelrades 205 zum Luftkanal 201 hin offenes kleines Loch 208 in dem Hüllkörper 203 ist rückseitig durch den Pumpzustandsfühler 18 abgedeckt, so daß dieser den statischen Druck im Luftkanal 201 neben dem Einlaßende des Flügelrades 205 abtasten kann. Alternativ kann der Pumpzustandsfühler 18, wie dargestellt, aber auch hinter einem kleinen Loch 209 in dem Hüllkörper 203 sitzen, welches zwischen Flügelrad 205 und Leitschaufelanordnung 206 in den Luftkanal 201 mündet, um den statischen Druck am Ausgangsende des Flügelrades 205 zu erfassen. Der Pumpzustandsfühler 18 hat eine kurze Ansprechzeit von 1 bis 10 ms und ist fest genug, um die im Pumpzustand auftretenden Druckstöße aushalten zu können.

Die Steuereinheit 11 von Fig. 1 errechnet die optimale Sollwerte für das Brennstoffzuführsystem 8 und die Düsentreiberstufe 12 und steuert diese Elemente durch entsprechende Steuersignale an. Ferner aktiviert die Steuereinheit 11 durch entsprechende Befehlssignale einen Indikator 19, der den Bediener (Fahrer) des Gasturbinentriebwerks im Fall eines festgestellten Gasturbinentriebwerks-Pumpzustands durch ein entsprechendes Licht- oder Tonsignal darauf aufmerksam macht, oder einen Störungsinidikator 20, damit der Fahrer bei einem Ausfall des Pumpzustandsführers 18 optisch oder akustisch über diese Störung informiert wird.

Bei der in Fig. 3A dargestellten Schaltung der Steuereinheit 11 wird ein vom Gaspedal 17 kommendes Gaspedalstellungssignal 17S in einen Solldrehzahlsignal (kurz SDS-) Generator 32 (Sollwertgenerator) über ein

Tiefpaßfilter 31 mit verzögerndem RC-Integrator eingespeist, damit durch Verzögerung des Signals 17S die Anforderungsschwelle für Drehzahlanhebungen des Gasgenerators abgegrenzt wird. Das in Fig. 3B separat dargestellte Tiefpaßfilter 31 besitzt am Eingang für das Signal 17S einen Pufferverstärker 311, dessen Ausgang über in Reihe geschaltete Widerstände 312, 313 mit dem über einen Kondensator 315 an Masse liegenden Filterausgang verbunden ist. Wenn ein den Widerstand 313 überbrückender analoger Schalter 314 normal geschlossen ist, dann hat der vorliegende RC-Integrator eine erste Zeitkonstante $\alpha = R_1 \cdot C$. Darin sind R_1 und C die Werte des Widerstands 312 bzw. des Kondensators 315.

Durch ein Störungsmeldesignal 145S einer weiter hinten beschriebenen Pumpzustandreaktionsschaltung 37 wird der Schalter 314 geöffnet und dadurch dem RC-Integrator eine zweite größere Zeitkonstante $\beta = (R_1 + R_2) \cdot C$ verliehen. R_2 ist der Wert des Widerstands 313. Dadurch wird die Anforderungsschwelle für Beschleunigungen des Gasgenerators noch weiter und so eingegrenzt, daß bei Störungen an dem Pumpzustandsfühler 18 oder der Pumpzustandreaktionsschaltung 37 im gesamten Gaspedalstellungsbereich ein Gasturbinentriebwerkspumpzustand sicher verhindert wird.

Der SDS-Generator 32 in Fig. 3A enthält Funktionsgeneratoren zum Erzeugen eines dem eingehenden gefilterten Signal 31S direkt proportionalen Signals sowie eines Signals zur Vorgabe einer unter Leerlaufbedingungen erforderlichen Gasgeneratordrehzahl. Beide Signale werden durch einen Addierer addiert und in Form eines Solldrehzahlsignals 32S in Bezug auf die Gasgeneratordrehzahl an eine Subtraktionsschaltung 33 abgegeben, welche es mit einem ersten Ausgangssignal 122S der Pumpzustandreaktionsschaltung 37 vergleicht und ein entsprechendes Differenzsignal an eine Subtraktionsschaltung 34 abgibt.

Das Drehzahlsignal 13S (Istwertsignal) des Drehzahlwandlers 13 (Istsignalgeber) wird durch einen Frequenz/Spannungswandler 38 in ein Spannungssignal 38S umgesetzt, dessen Spannungswert eine Funktion der Frequenz des Signals 13S ist, und das als Istdrehzahlsignal 38S der Subtraktionsschaltung 34 zugeführt wird, damit sie es mit dem Ausgang der Schaltung 33 vergleicht und ein entsprechendes Drehzahldifferenzsignal 34S an eine Brennstoffregulierschaltung 35 abgibt.

Durch einen proportional, integrierend und differenzierend arbeitenden PID-Regler in der Brennstoffregulierschaltung 35 wird das Drehzahldifferenzsignal 34S schrittweise gegen Null reduziert und das PID-Reglersignal durch einen Begrenzer innerhalb nach einer gegebenen Funktion variabler Grenzen so begrenzt, daß Übertemperaturen und ein Flammenausstoß aus der Brennkammer 7 vermieden werden. Das von der Schaltung 35 abgegebene Brennstoffsteuersignal 35S geht in eine Brennstoffzuführtreiberschaltung 36, welche es mittels eines Pulsmodulators in eine zum Treiben des Brennstoffzuführsystems 8 geeignete Serie von Pulsen umwandelt.

Die über separate Eingänge mit dem Frequenz/Spannungswandler 38 und dem Pumpzustandsfühler 18 verbundene Pumpzustandreaktionsschaltung 37 erzeugt in Abhängigkeit von der durch den Pumpzustandsfühler 18 gemeldeten Intensität der Pumpzustandsneigung das erste Ausgangssignal 122S für die Subtraktionsschaltung 33, ferner, wenn ein Pumpzustand erkannt ist, ein zweites Ausgangssignal 132S für den Indikator 19, das bereits erwähnte Störungsmeldesignal 145S für das

Tiefpaßfilter 31 und, im Fall einer Störung am Pumpzustandsfühler 18, ein zweites Störungsmeldesignal 151S für den Hilfsindikator 20.

Gemäß Fig. 4A ist die Pumpzustandreaktionsschaltung 37 in einen Pumpzustanddetektor 110, einen Funktionsgeneratormabschnitt 120 (Bemessungsschaltung), einen Meldeabschnitt 130, einen Fehlerdetektor 140 und einen Fehleranzeigeabschnitt 150 unterteilt.

Das von dem Pumpzustanddetektor 110 der Pumpzustandreaktionsschaltung 37 aufgenommene Ausgangssignal 18S des Pumpzustandsführers 18 wird zuerst mittels eines Filters 111 von unerwünschten Komponenten befreit und als gefiltertes Signal 111S (Druckschwankungssignal), dessen Wellenformen 111S-1 einem starken, 111S-2 einem schwachen und 111S-3 einem mittleren Pumpzustand entsprechen (s. Fig. 5a), an einen ersten Komparator 113 (Fig. 4A) und einen Hintergrundrauschpegel- (kurz: HRP-) Generator 112, in welchem das Signal 111S gleichgerichtet und zu dem in Fig. 5a dargestellten und einen Hintergrundrauschpegel bildenden Signal 112S umgeformt wird, abgegeben.

Der in Fig. 4B separat dargestellte HRP-Generator 112 enthält in Reihe geschaltet einen Analogschalter SW, einen Halbwelengleichrichter HWR, ein Tiefpaßfilter LPF und einen Verstärker AMP. Solange kein Pumpzustand erkannt ist, bleibt der Schalter SW geschlossen, und es wird ein durchgehendes Hintergrundrauschpegelsignal 112S abgegeben. Ein bestimmtes Zeitintervall nach Feststellung eines Pumpzustands wird der Analogschalter SW geöffnet und damit das Signal 112S in diesem Zeitintervall auf Null abgesenkt, damit es nicht übermäßig ansteigt. Angesteuert wird der Analogschalter SW durch ein Steuersignal 116S eines monostabilen Multivibrators 116.

Gemäß Fig. 4A vergleicht der erste Komparator 113 das Signal 112S mit dem gefilterten Signal 111S und erzeugt, wenn $111S > 112S$ ist, ein Pumpzustandsmeldesignal 113S, das gemäß Fig. 5b einen oder mehrere Pulse umfaßt. Je stärker der jeweilige Pumpzustand ist, desto mehr und breitere Pulse umfaßt das Signal 113S. Das Signal 113S wird durch einen Integrator 114 mit einer schneller aufladbaren als entladbaren Kapazität in ein integriertes Signal 114S (Fig. 5c) umgeformt und an einen zweiten Komparator 115 abgegeben, welcher es mit einem Bezugspiegel V_{115} vergleicht und ein Pumperkennungssignal 115S (Fig. 5d) abgibt, wenn das Signal 114S größer als der Bezugspiegel 115 ist. Vorzugsweise vergleicht der zweite Komparator 115 das integrierte Signal 114S hystereseardig bei steigender Tendenz mit einem höheren Bezugspiegel V_{115} und bei fallender Tendenz mit einem niedrigeren Bezugspiegel $V_{115'}$. Der zweite Komparator 115 ermöglicht eine hochempfindliche Pumpzustandsüberwachung, vermeidet aber die Abgabe eines Pumperkennungssignals 115S, wenn das

Triebwerkspumpen nur schwach ist oder wenn das integrierte Signal 114S nur durch Störsignale o. dgl. verursacht wurde. Voraussetzung für die Abgabe des Pumperkennungssignals 115S ist ein erkannter Pumpzustand mit vorbestimmter Mindestintensität. Angesteuert durch die Vorderflanke des Pumperkennungssignals 115S gibt der monostabile Multivibrator 116 das Steuersignal 116S mit gegebener Pulsbreite an den HRP-Generator 112 ab und veranlaßt ihn, wie bereits erläutert, die Abgabe seines Hintergrundrauschpegelsignals 112S zu unterbrechen.

Ein in dem Funktionsgenerator 120 enthaltener monostabiler Multivibrator 121 gibt abhängig von der Vorderflanke des zugeführten Pumperkennungssignals

115S ein in Fig. 5f dargestelltes Pulssignal 121S mit einer gegebenen Pulsbreite an einen nachgeschalteten Integrator 122 ab, dessen Kapazität durch das Pulssignal 121S relativ rasant aufgeladen und langsamer entladen wird, so daß der Integrator das schon oben erwähnte erste Ausgangssignal 122S (Fig. 5g) erzeugt, (rasant ansteigendes in langsam abfallendes Signal), welches die Subtraktionsschaltung 33 von dem Solldrehzahlsignal 32S subtrahiert, so daß als Ergebnis ein Solldrehzahlsignal entsteht, das schnell um einen gegebenen Wert reduziert und anschließend langsam wieder angehoben wird.

Ein in dem Meldeabschnitt 130 enthaltener monostabiler Multivibrator 131 erzeugt abhängig von der Vorderflanke des ihm zugeführten Pumperkennungssignals 115S des zweiten Komparators 115 ein zeitlich mit dem Signal 122S übereinstimmendes Signal 131S mit einer gegebenen Pulsbreite, welches durch einen nachgeschalteten Leistungsverstärker 132 in das schon erwähnte zweite Ausgangssignal 132S umgewandelt und an den Pumpzustandindikator 19 abgegeben wird. Eine in dem Indikator 19 enthaltene Leuchtdiode oder Glühlampe informiert den Bediener (Fahrer) des Gasturbinentriebwerks visuell, daß das Solldrehzahlsignal für den Gasgenerator über den bestimmten Zeitraum nach Erscheinen des Pumperkennungssignals 115S durch das Ausgangssignal 122S eine Abwandlung erfährt. Der Indikator 19 kann auch eine Flüssigkristallanzeige und/oder einen Schallgeber wie Summer o. dgl. enthalten, der durch das Signal 132S zur Abgabe eines hörbaren Tonsignals veranlaßt wird. Es sei bemerkt, daß der Multivibrator 131 statt durch das Pumperkennungssignal 115S auch durch das Signal 122S aktivierbar sein kann; der Effekt ist derselbe.

Das in den Fehlerdetektor 140 gehende Ausgangssignal 18S des Pumpzustandsfühlers 18 wird mittels eines Filters 141 von unerwünschten Komponenten befreit und als gefiltertes Signal 141S in ein Siebglied 142 eingegeben, das daraus durch Gleichrichten und Glätten ein Signal 142S für einen nachgeschalteten Komparator 143 erzeugt, der das Signal 142S mit einem Bezugspiegel V_{143} vergleicht. Das Ausgangssignal des Komparators 143 geht hoch, wenn das Signal 142S kleiner als der Bezugspiegel V_{143} ist.

Ein zweiter Komparator 144 im Fehlerdetektor 140 der Ausführung von Fig. 4A vergleicht das Istdrehzahlsignal 38S des Frequenz/Spannungswandlers 38 mit einem Gasgeneratordrehzahlbezugspiegel V_{144} und gibt einen hochliegenden Ausgang ab, wenn das Signal 38S größer als der Bezugspiegel V_{144} ist. Die Ausgänge beider Komparatoren 143 und 144 in Form von Signalen 143S und 144S werden einem UND-Glied 145 zugeführt, das ein Störungsmeldesignal 145S abgibt, wenn die beiden Komparatoren ausgänge 143S hoch liegen.

Der Drehzahlbezugspiegel V_{144} entspricht einer Gasgeneratordrehzahl, bei welcher der Pumpzustandsfühler 18 einen bestimmten pumpzustandsfreien Ausgang hat. Beispielsweise entspricht der Drehzahlbezugspiegel V_{144} einer etwas über dem Leerlaufbereich liegenden Gasgeneratordrehzahl. Der Bezugspiegel V_{144} ist auf einen etwas unter dem Ausgangssignal 142S des Siebglieds 142 liegenden Wert festgelegt, bei einer dem anderen Bezugspiegel V_{143} entsprechenden Gasgeneratordrehzahl. Somit ist es möglich, unabhängig von Pumpzuständen des Gasturbinentriebwerks Störungen oder Beeinträchtigungen des Pumpzustandsfühlers 18 zu erkennen. Selbstverständlich werden auch alle anderen auftretenden Störungen im Bereich von Steck- und Leitungsver-

bindungen des Pumpzustandsfühlers 18 mitüberwacht. Das Störungsmeldesignal 145S geht zum Tiefpaßfilter 31, welches die Beschleunigungsmöglichkeit der Gasgeneratordrehzahl auf einen Pegel begrenzt, bei dem normalerweise kein Gasturbinentriebwerkspumpzustand auftritt.

Das Störungsmeldesignal 145S wird auch dem Fehleranzeigebereich 150 zugeführt und darin durch einen Leistungsverstärker 151 in ein Störungsmeldesignal 151S für den Störungsindikator 20 verwandelt. Durch eine Leuchtdiode, Glühlampe, Flüssigkristallanzeige und/oder einen Summer oder andere akustische Signalegeber des Indikators 20 wird der Bediener (Fahrer) des Gasturbinentriebwerks visuell und/oder akustisch auf einen aufgetretenen Störungsfall hingewiesen, wenn das Störungsmeldesignal 151S vorliegt.

Nachstehend wird die Funktion der Steuerschaltung gemäß Fig. 3A in Verbindung mit den Signaldarstellungen von Fig. 6 erläutert. Zu einem Zeitpunkt T_1 tritt der Fahrer das Gaspedal 17 voll durch, so daß gemäß Fig. 6a die Gasgeneratordrehzahl stark ansteigt und das Solldrehzahlsignal 32S (in Fig. 6 als N_{gg} bezeichnet) vom Ausgang des SDS-Generators 32 den in Fig. 6b erkennbaren Anstieg zeigt. Das dabei ähnlich ansteigende Drehzahldifferenzsignal 34S veranlaßt die Brennstoffregulierschaltung 35 gemäß Fig. 6e dem Gasturbinentriebwerk mehr Brennstoff (W_f) zuzuführen. Durch die erhöhte Brennstoffzuführung steigt die Gasgeneratordrehzahl (N_{gg}) gemäß Fig. 6a an, so daß auch die in Fig. 6d dargestellte Drehzahl (N_{pt}) der Leistungsturbine 3 ansteigt, nur in einem etwas längeren Zeitraum.

Wie der Fachmann weiß, tritt ein Pumpzustand bei einem Turbinentriebwerk oft im Zuge der Beschleunigung des Gasgenerators und insbesondere bei starkem Anstieg der Gasgeneratordrehzahl auf. In Fig. 6 beginnt zu einem Zeitpunkt T_2 während der Beschleunigung des Gasgenerators ein Pumpzustand, auf den der Pumpzustandsfühler 18 mit einem Ausgangssignal 18S mit starken Schwankungen reagiert, siehe 18S-1 in Fig. 6f. In Abhängigkeit davon erzeugt die Pumpzustandsreaktionsschaltung 37 das erste Ausgangssignal 122S (Fig. 6g), und folglich fällt das Solldrehzahlsignal N_{gg} (Fig. 6b) für den Gasgenerator stark ab. Dadurch erhält das Gasturbinentriebwerk gemäß Fig. 6e zeitweilig weniger Brennstoff zugeführt (W_f), um den Pumpzustand des Gasturbinentriebwerks zu unterbinden.

Das abhängig von dem ersten Ausgangssignal 122S durch die Pumpzustandsreaktionsschaltung 37 erzeugte Signal 132S hat eine der Auftretenszeit des Ausgangssignals 122S entsprechende Pulsbreite, siehe Fig. 6h. Dieses durch einen erkannten Pumpzustand hervorgerufene Signal 132S veranlaßt den Indikator 19, den Fahrer durch ein entsprechendes Warnsignal darüber zu informieren, daß das Solldrehzahlsignal für den Gasgenerator durch das erste Ausgangssignal 122S modifiziert beeinflußt worden ist.

Da die Pumpzustandsreaktionsschaltung 37 sehr feinfühlig ausgelegt ist, kann diese nicht nur schwache Pumpzustände sondern bereits die ersten Anzeichen des drohenden Pumpzustands erkennen und folglich das Gasturbinentriebwerk pumpzustandsfrei aber so nahe am Pumpzustandsniveau fahren, daß ein optimaler Nutzeffekt ohne negatives Fahrgefühl erzielbar ist. Die Steuervorrichtung beherrscht nicht nur typische Pumpzustände wie sie gemäß Fig. 6 bei einem Beschleunigungsvorgang auftreten sondern auch alle anderen Pumpzustandsfälle unter normalen Betriebsbedingungen.

Ferner erkennt die Pumpzustandreaktionsschaltung 37 Störungen am Pumpzustandsfühler 18 und begrenzt in einem solchen Fall die Beschleunigungsmöglichkeit des Gasgenerators auf einen Wert, bei dem normalerweise das Gasturbinentriebwerk nicht in den Pumpzustand geraten kann. Auf diese Weise wird das Gasturbinentriebwerk bei einem Ausfall des Pumpzustandsführers 18 vor Schäden bei einem durch Beschleunigung hervorgerufenen Pumpzustand geschützt. Durch Abgabe des Störungsmeldesignals 151S teilt die Pumpzustandsreaktionsschaltung 37 dem Fahrer über den Störungsindikator 20 mit, daß die Möglichkeiten für eine Gasgeneratorbeschleunigung zur Zeit auf ein Niveau begrenzt sind, bei dem normalerweise das Gasturbinentriebwerk nicht in den Pumpzustand geraten kann.

Bei dem in Fig. 7A dargestellten zweiten Ausführungsbeispiel der Steuereinheit bzw. Steuerschaltung tragen mit Fig. 1 bzw. Fig. 3A übereinstimmende Einzelheiten die gleichen Bezugszahlen.

Der Solldrehzahlsignal- oder SDS-Generator 32 der Steuereinheit 11 von Fig. 7A enthält Funktionsgeneratoren zur Abgabe eines dem Gaspedalstellungssignal 17S direkten proportionalen Signals sowie eines der Leerlaufgasgeneratorordrehzahl entsprechenden Signals und einen Addierer, der diese beiden Funktionsgeneratorausgänge zu dem Solldrehzahlsignal 32S für den Gasgenerator kombiniert. Das durch den Frequenz/Spannungswandler 38 in das Istdrehzahlsignal 38S umgewandelte Drehzahlsignal 13S (Istwertsignal) von dem Drehzahlwandler 13 (Istwertsignalgeber) wird durch eine Subtraktionsschaltung 34 mit dem Solldrehzahlsignal 32S aus dem Generator 32 verglichen, und daraus ergibt sich das Drehzahlendifferenzsignal 34S (N_{gg}), welches der Brennstoffregulierschaltung 35 zugeführt wird und darin zur Erzeugung des Brennstoffsteuersignals 35S ausgenutzt wird. Wie bereits bei der Beschreibung von Fig. 3A erläutert, enthält die Brennstoffregulierschaltung 35 einen PID-Regler, dessen Funktionen bereits in Verbindung mit der Beschreibung von Fig. 3A erläutert worden sind. Das Brennstoffsteuersignal 35S wird durch einen Pulsmodulator innerhalb der nachgeschalteten Brennstoffzuführerüberschaltung 36 in das Fördertreibersignal 36S umgesetzt, welches aus einer Anzahl von zum Treiben des Brennstoffzuführsystems 8 geeigneten Impulsen besteht.

In einer Rechenschaltung 40 von Fig. 7A wird außer dem Istdrehzahlsignal 38S auch noch ein die Lufttemperatur an der Einlaßseite des Gaserzeuger verdichters 1 angebendes Lufttemperatursignal 16S eingespeist. Die Rechenschaltung 40 wandelt das Istdrehzahlsignal 38S nach folgender Gleichung ab:

$$N_{gg}^* = \frac{N_{gg}}{\sqrt{T1/T_{15}^{\circ}C}}$$

Darin bedeutet N_{gg} die Istdrehzahl des Gasgenerators, N_{gg}^* die abgewandelte Gasgeneratorordrehzahl, $T1$ die Lufttemperatur des Gaserzeuger verdichters 1 in $^{\circ}$ Kelvin und $T_{15}^{\circ}C$ eine $15^{\circ}C$ entsprechende Bezugstemperatur in $^{\circ}$ Kelvin. Das so modifizierte Ausgangssignal 40S der Rechenschaltung 40 geht in den Solltemperatursignalgenerator 41.

Die Pumpzustandreaktionsschaltung 37 ist mit der oben in Verbindung in Fig. 3A und 4A beschriebenen identisch. Sie erzeugt in Abhängigkeit von dem Ausgangssignal 18S das erste Ausgangssignal 122S für die Subtraktionsschaltung 42, das zweite Ausgangssignal 132S für den Pumpzustandsindikator 19, und bei einer

Störung des Pumpzustandsfühlers 18 das Störungsmeldesignal 145S für den Solltemperatursignalgenerator 41 wie das Störungsmeldesignal 151S für den Störungsindikator 20.

5 Das von dem Solltemperatursignalgenerator 41 abgebene Solltemperatursignal 41S gibt die unter den durch die Fühler 16 und 18 ermittelten Betriebszuständen erforderliche Temperatur für die Erzielung des höchsten Wirkungsgrades an. Zu diesem Zweck enthält 10 der Solltemperatursignalgenerator 41 einen Funktionsgenerator zur Erzeugung eines Solltemperatursignals, welches im ungestörten Zustand des Pumpzustandsführers dem Verlauf der durchgehenden Kurve A in Fig. 7B entspricht und als Funktion einer gewünschten Beziehung zwischen der Solltemperatur und dem modifizierten Signal aufzufassen ist. In Abhängigkeit von dem Störungsmeldesignal 145S der Pumpzustandsreaktionsschaltung 37 reduziert der Solltemperatursignalgenerator 41 die Solltemperatur um einen vorgegebenen Betrag, welcher der unterbrochenen Kurve B in Fig. 7B entspricht, um auf diese Weise einen Pumpzustand des Gasturbinentriebwerks ohne Rücksicht auf dessen Arbeitsbedingungen zu unterdrücken. Eine Subtraktionsschaltung 42 vergleicht das Solltemperatursignal 41S 15 mit dem ersten Ausgangssignal 122S der Pumpzustandsreaktionsschaltung 37 und erzeugt ein der festgestellten Differenz entsprechendes Ausgangssignal.

Das der Lufttemperatur an der Einlaßseite der Verdichterturbine 2 entsprechende Signal 15S des Temperaturfühlers 15 wird durch einen Verstärker 46 verstärkt und als Einlaßtemperatursignal 46S an die Subtraktionsschaltung 43 abgegeben, die es mit dem von der Subtraktionsschaltung 42 kommenden Solltemperatursignal vergleicht und als Tcc-Fehlersignal 43S an die Temperaturregelschaltung 44 abgibt.

Die Temperaturregelschaltung 44 enthält einen PID-Regler, der proportional, integrierend und differenzierend arbeitet und das Tcc-Fehlersignal 43S schrittweise gegen Null reduziert. Ferner ist ein Begrenzer vorhanden, welcher das PID-Signal nach einer gegebenen Funktion begrenzt verändert, mit der Düsentreiberstufe 12 nicht plötzliche große Signale zugeführt werden können. Das von der Regelschaltung 44 abgegebene Temperaturregelsignal 44S wird durch einen in einer nachgeschalteten Düsenstellschaltung enthaltenen Spannungs/Stromwandler in ein stromführendes Stellsignal 45S für die Düsentreiberstufe 12, die wie oben erläutert hydraulisch arbeitet, umgewandelt.

Wenn im Betrieb der in Fig. 7A dargestellten Ausführung der Steuereinheit 11 bzw. Steuerschaltung zum Zeitpunkt $T1$ der Fahrer das Gaspedal 17 gemäß Fig. 8a ganz durchtritt, dann gibt der Solldrehzahlsignalgenerator 32 ein entsprechend steil ansteigendes Solldrehzahlsignal 32S bzw. N_{gg}' (Fig. 8b) ab, was zu 55 einem entsprechenden Anstieg des Drehzahlendifferenzsignals 34S führt und die Brennstoffregulierschaltung 35 veranlaßt, gemäß Fig. 8c die Brennstofffördermenge Wf zu erhöhen. In Abhängigkeit von der erhöhten Brennstoffzuführung steigt die Gasgeneratorordrehzahl N_{gg} nach Fig. 8c an, und die Drehzahl der Leistungsturbine 3 (Npt) folgt gemäß Fig. 8d wesentlich langsamer.

Mit steigender Gasgeneratorordrehzahl N_{gg} erhöht sich auch die modifizierte Gasgeneratorordrehzahl N_{gg}^* , und ein aufstretender geringer Abfall des Solltemperatursignals 41S (Fig. 8f) veranlaßt die Temperaturregelschaltung 44, die Öffnung der veränderbaren Düse 9 gemäß Fig. 8h zu vergrößern. Mit größer werdender Öffnung der veränderbaren Düse 9 findet ein Tempera-

turabfall gemäß Fig. 8g am Einlaß der Verdichterturbine 2 statt.

Gasturbinentriebwerke kommen oft bei der Beschleunigung des Gasgenerators in den Pumpzustand, und diese Tendenz erhöht sich mit zunehmenden Beschleunigungswerten. Der während der Gasgeneratorbeschleunigung zum Zeitpunkt T_2 beginnende Pumpzustand verursacht ein entsprechendes Fühlerausgangssignal $18S$ mit stark veränderlicher Amplitude, siehe 18S 1 in Fig. 8i. Die Pumpzustandsreaktionsschaltung 37 reagiert darauf mit dem Ausgangssignal $122S$ gemäß Fig. 8j, damit das Solltemperatursignal gemäß Fig. 8f schnell kleiner wird und langsam auf seinen Ausgangspegel zurückkehrt. Als Folge davon wird die Öffnung der veränderbaren Düse 9 gemäß Fig. 8h kurzzeitig vergrößert und damit ein Pumpzustand des Gasturbinen-triebwerks verhindert.

Das zeitlich übereinstimmend mit dem ersten Ausgangssignal $122S$ erzeugte zweite Ausgangssignal $132S$ der Pumpzustandsreaktionsschaltung 37 (Fig. 8k) wird 20 in den Pumpzustandsindikator 19 übertragen, um anzuzeigen, daß eine Abwandlung des Solltemperatursignals durch das Ausgangssignal $122S$ stattfindet.

Da die Pumpzustandsreaktionsschaltung 37 sehr feinfühlig ausgelegt ist, kann sie nicht nur schwache Pumpzustände sondern bereits die ersten Anzeichen eines drohenden Pumpzustands erkennen und damit einen Betrieb ohne Pumpzustände gewährleisten, jedoch das Gasturbinentriebwerk so nahe am Pumpzustandsniveau fahren, daß ein optimaler Nutzeffekt ohne negatives 30 Fahrgefühl erzielbar ist. Selbstverständlich kann die Steuervorrichtung nicht nur für Beschleunigungsvorgänge typische Pumpzustände gemäß Fig. 8 verhindern, sondern dies auch bei allen übrigen Betriebszuständen des Gasturbinentriebwerks erfolgreich durchführen. 35

Zusätzlich erkennt die Pumpzustandsreaktionsschaltung 37 eine Störung des Pumpzustandsfühlers 18 und veranlaßt durch Abgabe eines entsprechenden Störungsmeldesignals $145S$ den Solltemperatursignalgenerator 41, daß Solltemperatursignal $41S$ auf einen solchen vorgegebenen Wert abzusenken, wo normalerweise kein Pumpzustand eintreten kann. Dadurch wird das Gasturbinentriebwerk im Fall eines Versagens des Pumpzustandsfühlers 18 bei Beschleunigungsvorgängen vor Schäden geschützt. Die Reaktionsschaltung 37 veranlaßt ferner durch Abgabe des Störungsmeldesignals $151S$ an den Störungsindikator 20, daß der Fahrer informiert wird, wenn das Solltemperatursignal $41S$ durch das Störungsmeldesignal $145S$ zur Vermeidung eines Pumpzustands abgewandelt wird. 50

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Steuerung eines Gasturbinen-triebwerks, das einen Gasgenerator mit einem Gas-erzeugerverdichter (1) sowie eine Verdichterturbine (2) und eine durch den Gasgenerator antreibbare separate Leistungsturbine (3) enthält, und Einrichtungen zum Betreiben des Gaserzeugerver-richters (1) in unmittelbarer Pumpgrenznähe bei Änderung der Betriebsbedingung des Gasturbinen-triebwerks, mit

- einem Istsignalgeber (13) zur Abgabe eines dem vorhandenen Wert einer Betriebsbedin-gung des Gasturbinentriebwerks entsprechen-den elektrischen Istwertsignals (13S),
- einem Sollwertgenerator (17, 32) zum Er-zeugen eines dem Sollwert der betreffenden

Betriebsbedingung des Gasturbinentrieb-works entsprechenden elektrischen Sollwertsi-gnals (32S), wobei der Sollwert durch eine Leis-tungsreguliereinrichtung vorwählbar ist,

- einer Vergleichsschaltung (34, 43) zur Ab-gabe eines der Differenz zwischen Ist- und Sollwerten entsprechenden Fehlersignals,
- einer Schaltung (35, 44) zum Berechnen ei-nes Werts, mit dem das Fehlersignal gegen Null reduzierbar ist,
- einer Pumpzustandsreaktionsschaltung (37) zum Abgeben eines Ausgangssignals, das das Einsetzen des Pumpzustands angibt, und
- einer Bemessungsschaltung (120) zur Ab-wandlung des Sollwertsignals im Sinne der Unterdrückung des Pumpzustands, dadurch gekennzeichnet, daß

— ein Pumpzustandsfühler (18) zur Erfassung der Intensität einer Pumpzustandsneigung in dem Gasturbinentriebwerk vorhanden ist, und

- die Pumpzustandsreaktionsschaltung (37) aus einem Pumpzustandsdetektor (110), der mit dem Pumpzustandsfühler (18) verbunden ist, sowie aus einer Bemessungsschaltung (120) besteht, die mit dem Ausgang des Pumpzustandsdetektors (110) verbunden ist, wobei der Pumpzustandsdetektor (110) anhand von Druckschwankungssignalen (111S) des Pumpzustandsfühlers (18) ein Pumperkennungs-signal (115S) ausgibt, wenn die Intensität der Pumpzustandsneigung einen Bezugspiegel (V_{115}) überschreitet, und die Bemessungsschal-tung (120) nach Empfang des Pumperken-nungssignals (115S) ein rasant ansteigendes und langsam abfallendes Signal (122S) ausgibt, um dessen Betrag das Sollwertsignal (32S) ver-ringerbar ist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekenn-zeichnet, daß der Pumpzustandsdetektor (110)

- einen ersten Komparator (113), der die er-mittelten Druckschwankungssignale (111S) mit einem Hintergrundrauschpegel (112S) ver-gleicht und ein Pumpzustandsmelsignal (113S) abgibt, wenn die Druckschwan-kuungssignal (111S) größer als der Hintergrundrauschpegel (112S) sind,
- einen Integrator (114) zum Integrieren der Pumpzustandsmelsignale (113S), der ein in-tegriertes Signal (114S) ausgibt, und
- einen zweiten Komparator (115) enthält, der das integrierte Signal (114S) mit dem Be-zugspiegel (V_{115}) vergleicht und das Pumperken-nungssignal (115S) erzeugt, wenn das inte-grierte Signal (114S) den Bezugspiegel (V_{115}) überschreitet.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch einen Schaltungsabschnitt (140) zur Erzeu-gung eines Störungsmeldesignals (145S) im Fall ei-ner Störung im Bereich des Pumpzustandsfühlers (18) und Schaltungselemente (31), welche in Abhän-gigkeit von dem Störungsmeldesignal (145S) das Sollwertsignal so abwandeln, daß ein Pumpzustand des Gaserzeugerverdichters ohne Rücksicht auf die Betriebsbedingungen des Gasturbinentriebwerks vermieden wird.

4. Vorrichtung nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch einen Schaltungsabschnitt (140) zur Erzeu-gung eines Störungsmeldesignals (145S) im Fall ei-

ner Störung im Bereich des Pumpzustandsführers (18), und Schaltungselemente (150, 20), welche in Abhängigkeit von dem Störungsmeldesignal (145S) einen Hinweis darauf geben, daß im Bereich des Pumpzustandsführers (18) eine Störung vorhanden ist. 5

5. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Istsignalgeber (13) einen Frequenz/Spannungswandler (38) zur Abgabe eines der Gasgeneratordrehzahl entsprechenden Istdrehzahlsignals (38S) aufweist, der Sollwertgenerator (32) ein dem Bedarf eines Bedieners entsprechendes Solldrehzahlsignal (32S) in bezug auf die Gasgeneratordrehzahl abgibt, und eine Schaltung (35) zur Brennstoffregulierung (35) sowie eine zugeordnete Treiberschaltung (36) vorhanden sind. 10

6. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Bemessungsschaltung (120)

- einen monostabilen Multivibrator (121), der abhängig von dem Pumperkennungssignal 20 (115S) ein Pulssignal (121S) mit einer bestimmten Pulsbreite abgibt, und

- eine Integrerschaltung (122) enthält, die abhängig von dem Pulssignal (121S) das rasant ansteigende und langsam abfallende Signal 25 (122S) ausgibt.

7. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Leistungsreguliereinrichtung ein Gaspedal (17) zum Abgeben eines der Gaspedalstellung entsprechenden Pedalstellungssignals 30 (17S) ist, und ein Tiefpassfilter (31) zur Filterung und Umwandlung des Pedalstellungssignals (17S) in ein gefiltertes Signal (31S) vorhanden ist, das dem das Solldrehzahlsignal (32S) liefernden Sollwertgenerator (32) zuführbar ist. 35

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Sollwertgenerator (32) Funktionsgeneratoren zur Erzeugung eines dem gefilterten Signal (31S) direkt proportionalen Signals und eines der unter Leerlaufbedingungen erforderlichen Gasgeneratordrehzahl entsprechenden Signals 40 sowie eine Additionsschaltung zum Addieren der von den Funktionsgeneratoren gelieferten Signale enthält.

9. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder einem der folgenden, dadurch gekennzeichnet, daß

- der Istsignalgeber (13) eine Schaltung (15, 46) zur Erzeugung eines der Temperatur im Einlaßbereich der Verdichterturbine (2) entsprechenden Einlaßtemperatursignals (46S), 50

- der Sollwertgenerator Schaltungen (40, 41) zum Erzeugen eines Sollwerts in bezug auf die Einlaßtemperatur der Verdichterturbine (2) und

- die Einrichtungen zum Betreiben des Gas- 55 erzeugerverdichters (1) Elemente (12, 45) zur Beeinflussung der Einlaßtemperatur der Verdichterturbine (2)

aufweisen.

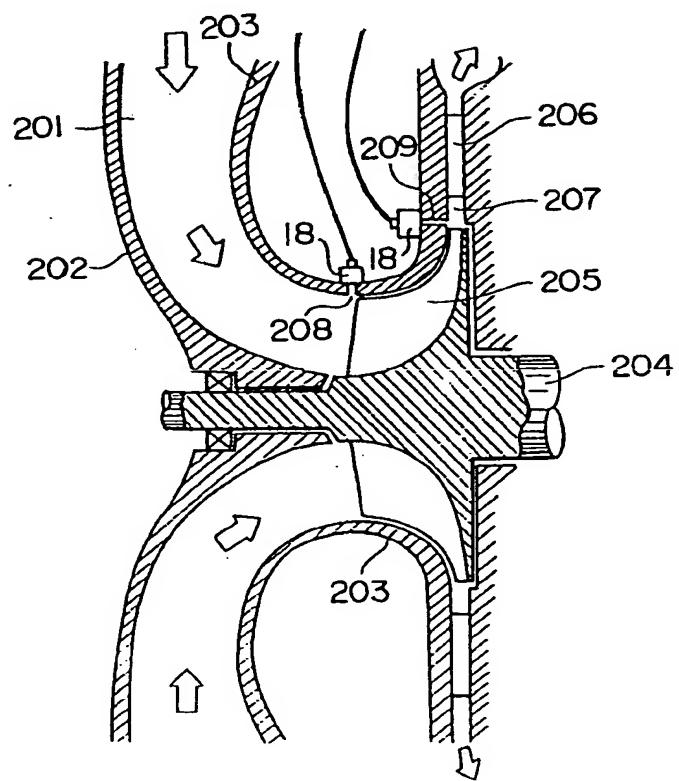
10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß zu den Elementen zur Beeinflussung der Einlaßtemperatur der Verdichterturbine (2) eine veränderbare Düse (9) gehört, mittels der ein wirksamer Gasdurchlaßquerschnitt in einem die Verdichterturbine (2) mit der Leistungsturbine (3) 60 verbindenden Gaskanal veränderbar ist und der Sollwertgenerator den auf die Einlaßtemperatur der Verdichterturbine (2) bezogenen Sollwert ab-

hängig von dem Pumperkennungssignal (115S) um einer bestimmten Wert vermindert, um unter allen vorkommenden Betriebsbedingungen des Gasturbintriebwerks Pumpzustände zu vermeiden.

11. Vorrichtung nach Anspruch 9 oder 10, gekennzeichnet durch einen Frequenz/Spannungswandler (38) zur Abgabe eines der Gasgeneratordrehzahl entsprechenden Istdrehzahlsignals (38S), einen Temperaturfühler (16) zur Abgabe eines der Einlaßlufttemperatur des Gasgenerators entsprechenden Temperatursignals (16S) und eine Rechenschaltung (40) zur Abänderung des Istdrehzahlsignals (38S) auf der Grundlage des Temperatursignals (16S) in ein geändertes Signal, das dem Sollwertgenerator (41) zur Erzeugung eines Solltemperatursignals (41S) als Funktion einer Beziehung zwischen dem geänderten Signal und dem Solltemperatursignal zuführbar ist.

Hierzu 9 Blatt Zeichnungen

FIG. 2



ZEICHNUNGEN BLATT 3

Nummer: 33 28 608
Int. Cl. 4: F 02 C 9/28
Veröffentlichungstag: 1. Juni 1989

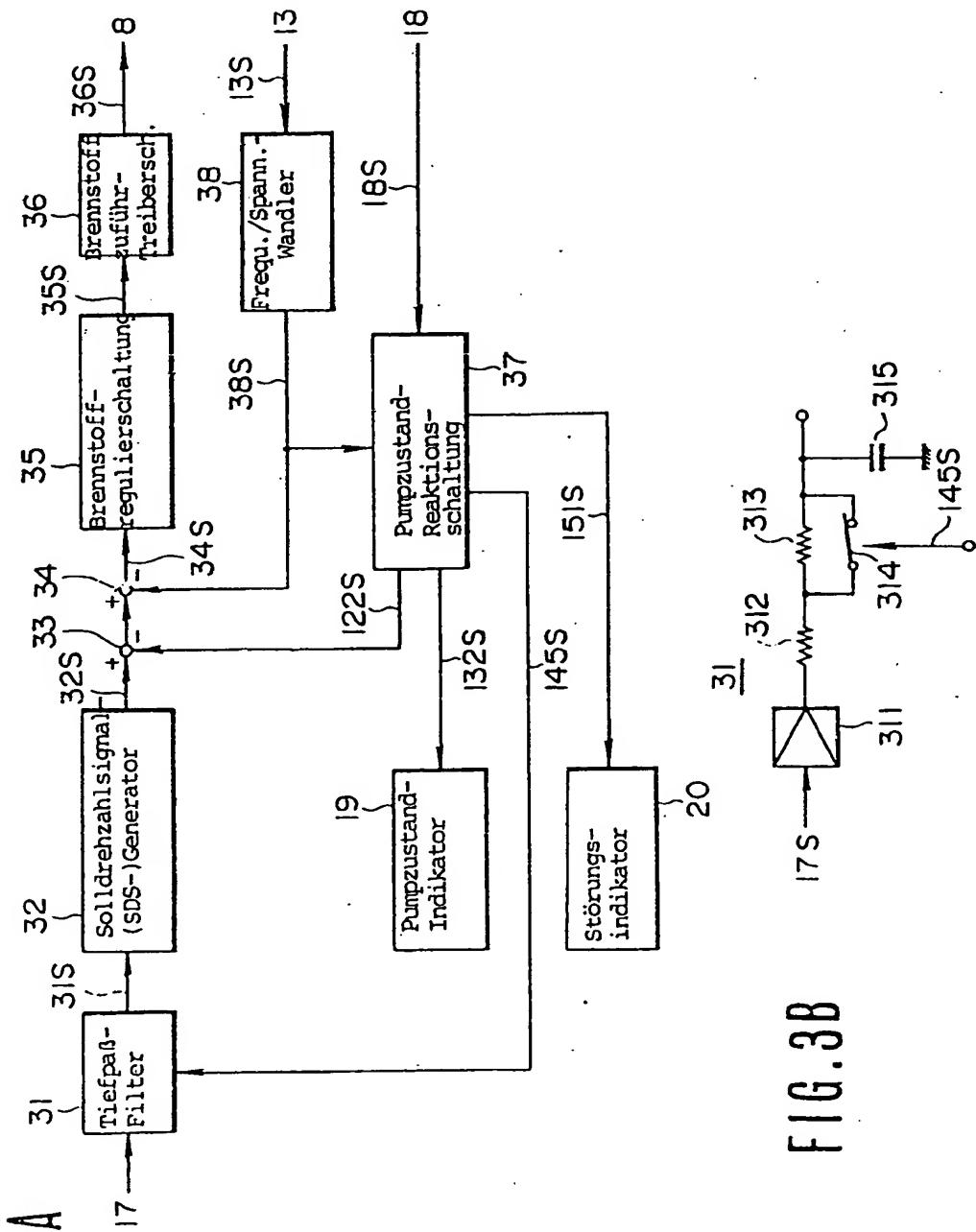


FIG. 3A

ZEICHNUNGEN BLATT 4

Nummer:

Int. Cl. 4:

Veröffentlichungstag: 1. Juni 1989

33 28 60

F 02 C 9/28

1. Juni 1989

FIG. 4

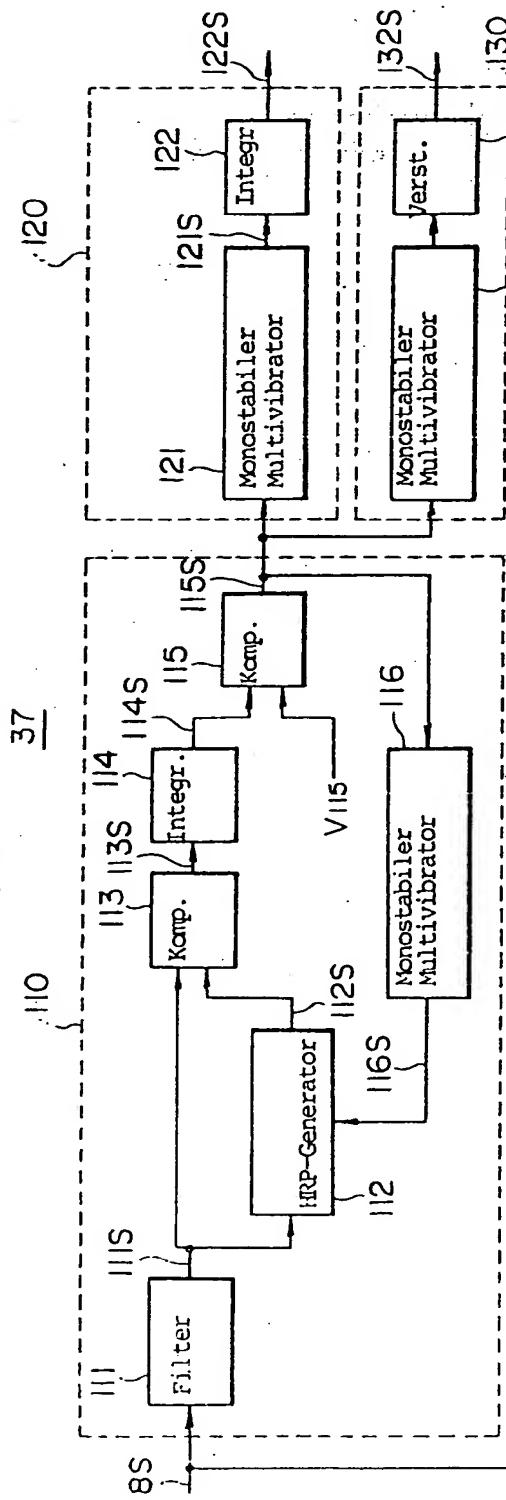
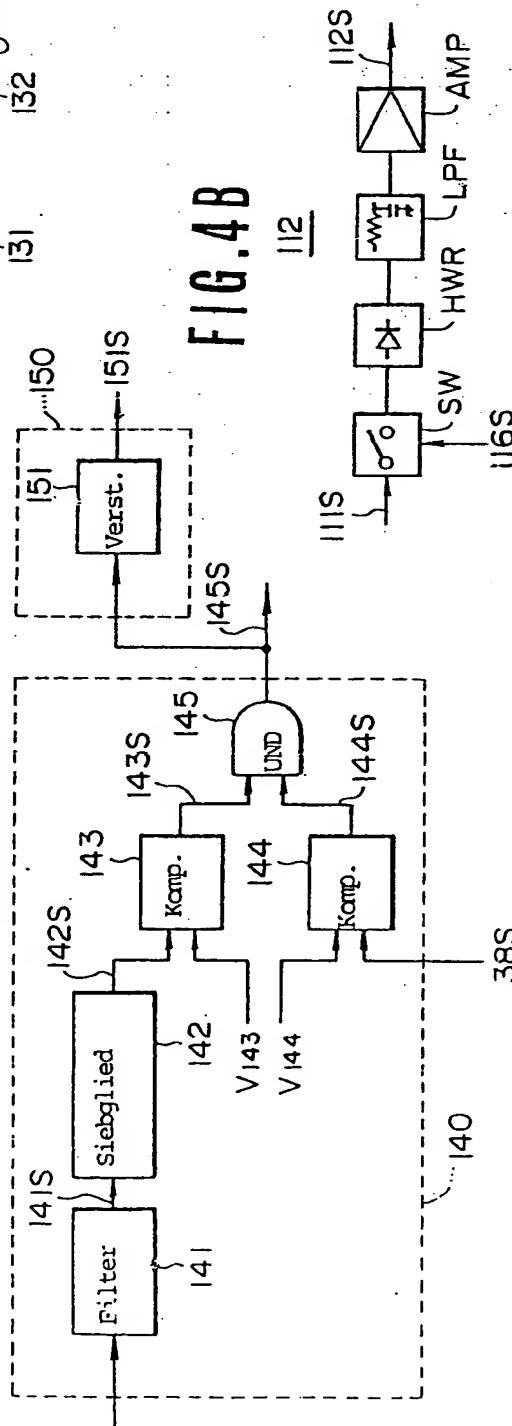


FIG. 4B



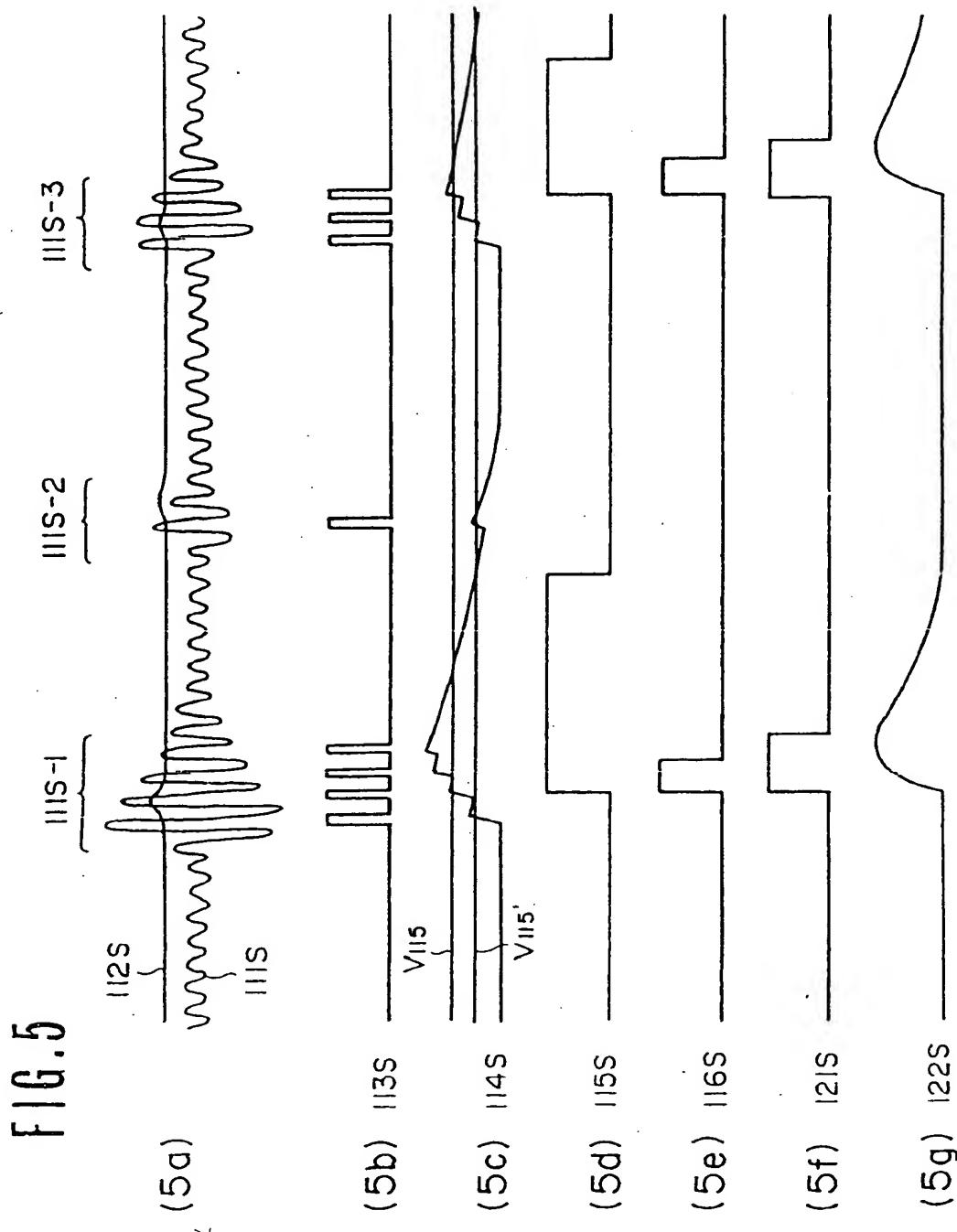
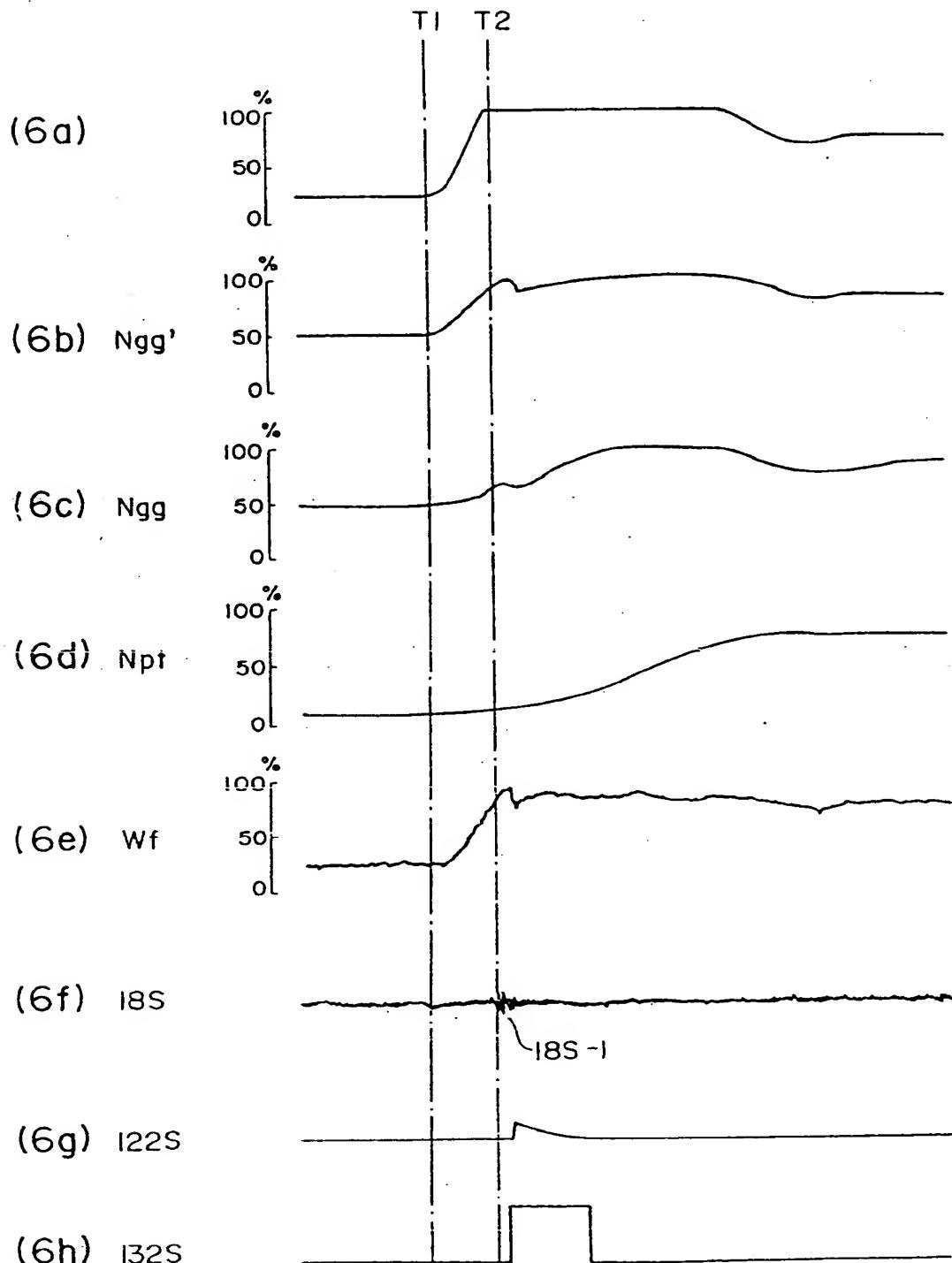


FIG. 6



ZEICHNUNGEN BLATT 7

Nummer: 33 28 608
Int. Cl.4: F 02 C 9/28
Veröffentlichungstag: 1. Juni 1989

FIG. 7A

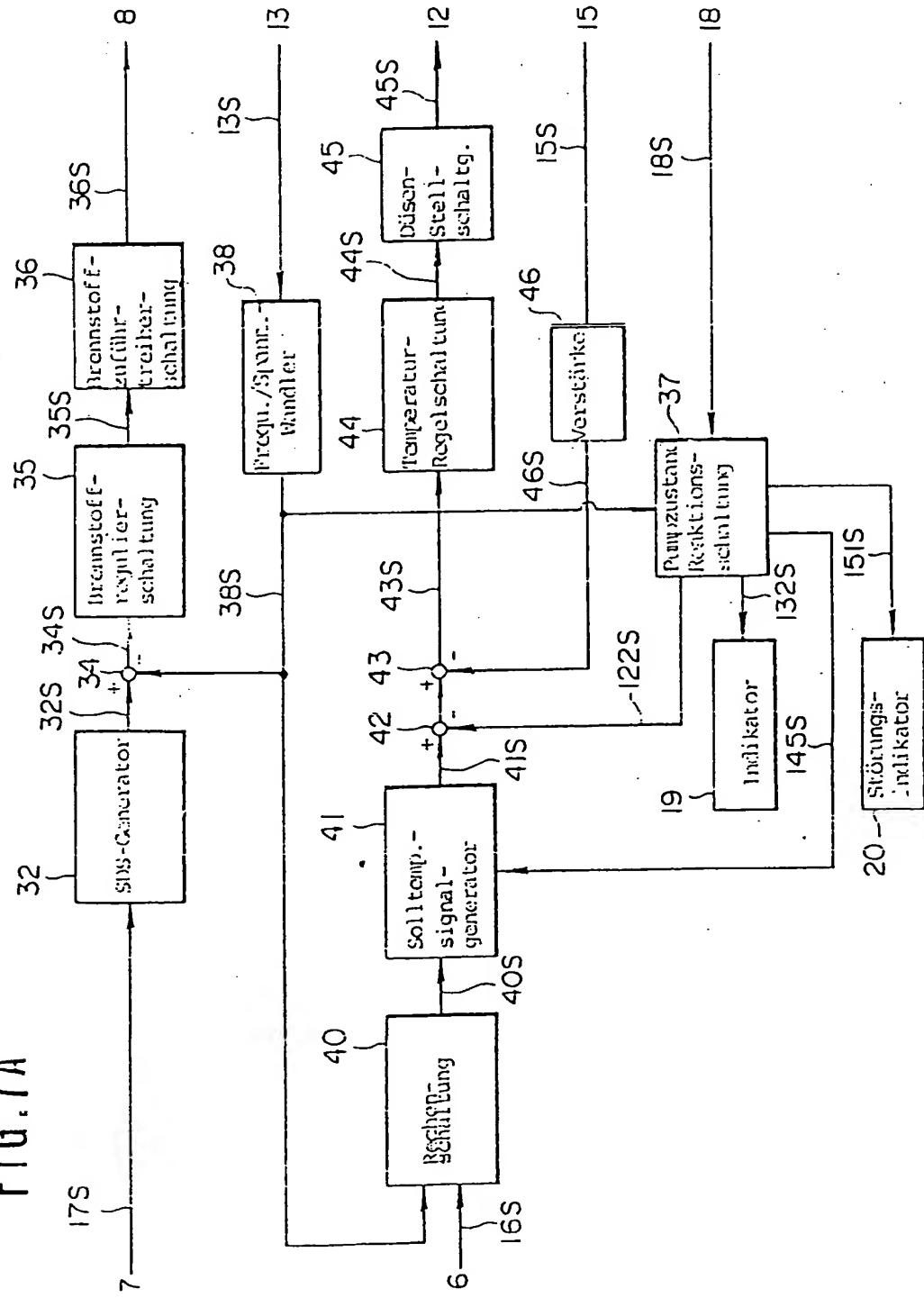


FIG.7B

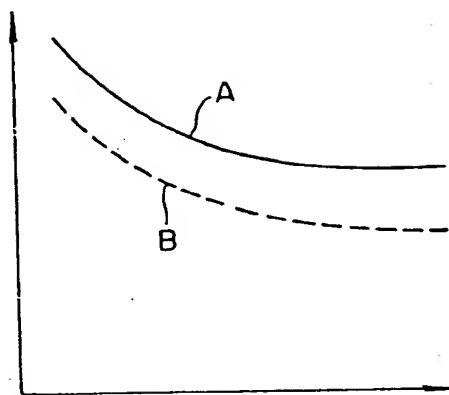
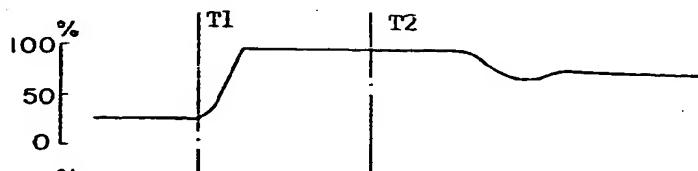


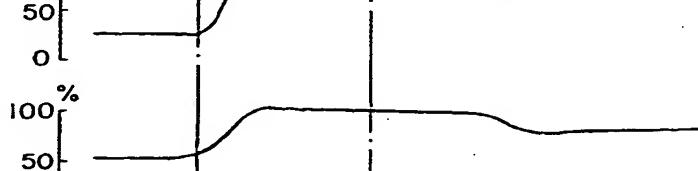
FIG. 8

(8a)



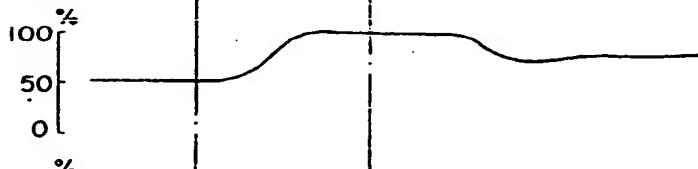
(8b)

Ngg'



(8c)

Ngg



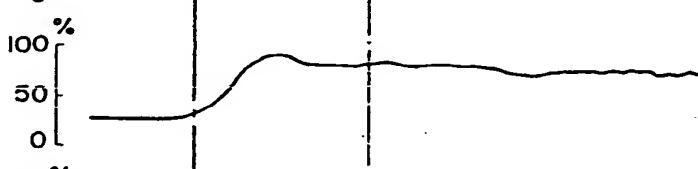
(8d)

Npt



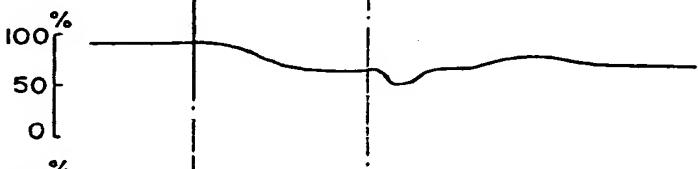
(8e)

Wf



(8f)

T7'



(8g)

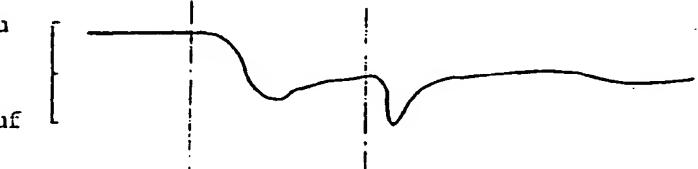
T7



(8h)

zu

auf



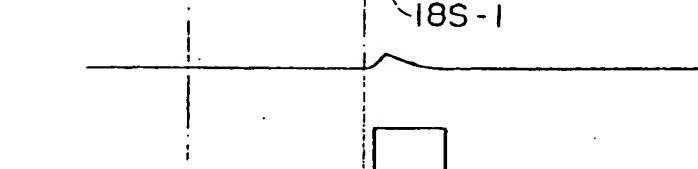
(8i)

I8S



(8j)

I22S



(8k)

I32S



THIS PAGE BLANK (USPTO)